



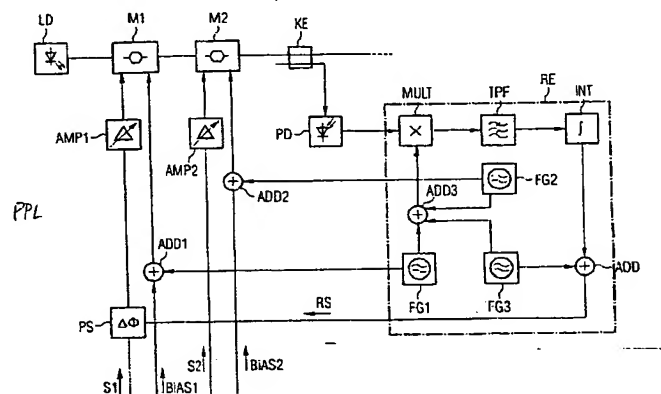
## Offenlegungsschrift

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **H04B 10/04**  
**G02F 1/01**

(72) Erfinder:  
Mohs, Georg, Dr., Milltown, N.J., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur Synchronisation eines Pulssignals mit einem Datensignal zur Erzeugung eines RZ-Signals wird beschrieben, bei dem der Arbeitspunkt von Modulatoren der Puls- und Datensignale zur Erzeugung einer rechts/links Asymmetrie im RZ-Signal geregelt wird. Diese Asymmetrie bewirkt eine eindeutige Abhängigkeit der mittleren Transmission des erzeugten RZ-Signals mit der Phasenlage zwischen dem Pulssignal und dem Datensignal. Eine Phasenverschiebung wird an einem der Modulatoren mit einem Lock-In-Verfahren zur Verfolgung der korrekten Phasenlage geregelt.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation eines Pulssignals mit einem Datensignal gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

### Stand der Technik

[0002] In hochbitratigen optischen Nachrichtensystemen ist es unter Umständen vorteilhaft, ein RZ-Signal mit „return-to-zero“-Format zu benutzen. Dieses wird mittels gepulsten Senders erzeugt, der für eine logische „1“ einen Puls aussendet und bei einer logischen „0“ keinen Puls aussendet. Typischerweise wird ein solcher Sender realisiert durch eine Pulsquelle, die Pulse im Systemtakt aussendet und einem nachgeschalteten Intensitätsmodulator, der je nach logischem Signal einen Puls passieren lässt oder unterdrückt. Entscheidend ist dabei die Phasenlage zwischen den optischen Pulsen und dem Datensignal, dass der Intensitätsmodulator steuert.

[0003] Es sind hochfrequente Regelverfahren bekannt, bei denen eine feste Synchronisation zwischen Pulsen und Datensignal gewährleistet wird. Dabei wird die Leistung in einem Teil des elektrischen Spektrums einer Photodiode, die das optische Signal nach der Sendeeinheit misst, als Regelkriterium benutzt. Nachteilig ist dabei die Verwendung von hochfrequenten Komponenten.

[0004] Ein weiteres allerdings nur für die Erzeugung von Pulsen- oder Datensignalen aus einer Pulsquelle geeignetes Regelverfahren ist in der Offenlegungsschrift DE 10046898 beschrieben, bei der ein Arbeitspunkt des Intensitätsmodulators eine periodische erzwungene Auslenkung erfährt. Aufgrund einer Veränderung der Transmissionskennlinie des Pulses wird ein Regelsignal zur Minimierung einer langsamen Abweichung zwischen einem Ist-Arbeitspunkt und Soll-Arbeitspunkt verwendet.

[0005] Die mittlere Strahlungsleistung am Ausgang des Intensitätsmodulators wird als Regelgröße verwendet.

[0006] Zum Regeln wird in einem ersten Ausführungsbeispiel die Abweichung des Arbeitspunktes bei einer Ausgestaltung mit Hilfe eines periodischen Auslenkungssignals mit vorgegebener Auslenkungsfrequenz erzwungen. Das Auslenkungssignal wird vorzugsweise zum Steuersignal addiert. Ein von der erfassten Leistung abhängiges Signal wird mit einem periodischen Referenzsignal multipliziert, dessen Frequenz mit der Auslenkungsfrequenz übereinstimmt. Ein aus der Multiplikation resultierendes Signal wird nach einer Tiefpassfilterung und vorzugsweise nach einer folgenden Integration zur Änderung des Mittelwertes des Steuersignals und/oder zur Änderung des Signalwertes des Hilfssignals herangezogen. Die Grenzfrequenz des Tiefpassfilters bestimmt die Ansprechzeit des Regelkreises, die z.B. zwischen 10 Millisekunden und 100 Millisekunden liegt. Durch dieses Verfahren wird letztlich die Ableitung der Leistungs-

kurve als Regelgröße verwendet. Abhängig von der Phase des Auslenkungssignals ( $\pi/2$  oder  $3\pi/2$ ) lässt sich die Leistung auf ein Maximum bzw. ein Minimum regeln. Das Auslenkungssignal hat einen kosinus- oder sinusförmigen Verlauf. Eingesetzt werden jedoch auch andere Auslenkungssignale, z.B. mit rechteckpulsförmigem Verlauf. Hat das Referenzsignal eine Frequenz die einem Vielfachen der Auslenkungsfrequenz entspricht, so können Punkte detektiert werden, an denen höhere Ableitungen Null sind, z.B. bei der doppelten Auslenkungsfrequenz ein Wendepunkt.

[0007] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Offenlegungsschrift ist ein Blockschaltbild für eine niederfrequent arbeitende Ansteuereinheit eines Datenmodulators dargestellt, der ebenfalls eine bestimmte Transmissionskennlinie hat. Der Soll-Arbeitspunkt des Datenmodulators liegt in einem Wendepunkt der Transmissionskennlinie. Der Arbeitsbereich liegt symmetrisch um den Arbeitspunkt. Eine Ansteuereinheit dient zur Regelung des Arbeitspunktes. Der Arbeitsbereich wird nicht geregelt, da er annähernd unverändert über die Jahre bleibt bzw. weil Abweichungen des Arbeitsbereiches beim Datenmodulator nicht so gravierend sind. Jedoch kann ein Spannungswert zur Einstellung des Arbeitsbereiches verändert werden. Weiterhin wird ein von Daten abhängiges Eingangssignal eingesetzt. Die maximale Datenrate beträgt 10 GHz. Es wird ein Signalgenerator eingesetzt, der ein kosinusförmiges Auslenkungssignal mit einer Auslenkungsfrequenz erzeugt. Für die Multiplikation in der Multiplikationseinheit erzeugt der Signalgenerator ein Referenzsignal mit der doppelten Auslenkungsfrequenz. Durch diese Maßnahme entsteht am Ausgang des Tiefpassfilters ein Gleichanteil, welcher der zweiten Ableitung der Leistungsfunktion entspricht. Der Gleichanteil dient zur Regelung bezüglich des Wendepunktes. Die Phase des vom Signalgenerator erzeugten Signals ist so einzustellen, dass auf den Wendepunkt geregelt wird.

[0008] Aus der Offenlegungsschrift DE 10046896 ist ein weiteres Regelverfahren zum Steuern eines Modulators bekannt, dass auch bei Veränderungen der Transmissionskennlinie die Ansteuerung eines Modulators in einem vorgegebenen Arbeitspunkt und mit einem vorgegebenen Arbeitsbereich ermöglicht.

[0009] Aus der am 26.09.2000 früher angemeldeten Patentanmeldung DE 100 47 660.0 der Anmelderin ist ein Verfahren zur phasensynchronen Zuführung eines optischen Pulssignals bzw. eines optischen NRZ-Übertragungssignals und eines elektrischen Datensignals bekannt. Aus den Puls- und Datensignalen wird ein optisches RZ-Signal erzeugt, dessen ein Teil elektrisch umgewandelt und weiterhin zur Steuerung der Phasensynchronisation bei der halben Datenrate schmalbandig gefiltert wird. Aus der gemessenen hochfrequenten Leistungs- oder Strom- oder Spannungsamplitude des gefilterten Signals wird ein Regelsignal zur Steuerung der einzustellen-

den Phase zwischen Puls- und Datensignalen erzeugt.

#### Aufgabenstellung

[0010] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, das eine optimale Synchronisation zwischen Pulsen und Datensignalen zur Erzeugung eines RZ-Signals ermöglicht. Es sollten lediglich niederfrequente Elemente für die Synchronisation verwendet werden.

[0011] Eine Lösung der Aufgabe erfolgt hinsichtlich ihres Verfahrensaspekts durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0012] Erfindungsgemäß wird eine rechts/links Asymmetrie in Puls- und/oder Datensignal erzeugt. Entscheidend hierfür ist die Erkenntnis, dass die mittlere transmittierte Leistung des erzeugten RZ-Signals bei konstanter optischer Pulsleistung ein Maß für die Synchronisation zwischen optischen Pulsen und Datensignal ist. Diese Erkenntnis gilt allerdings nur, wenn eine rechts/links Asymmetrie im Datensignal vorliegt. Bei symmetrischem Datensignal durch eine symmetrische Ansteuerspannung (elektrisches Datensignal) und ebenfalls durch symmetrische Modulatorkennlinie ist die mittlere Modulatortransmission unabhängig von der Phasenlage zwischen Puls- und Datensignal. Jedoch kann in diesem Fall eine Asymmetrie im Datensignal durch Veränderung der Biaslage als Arbeitspunkt des Datenmodulators erzwungen werden. Im Normalfall wird der Bias eines Intensitätsmodulators zur Datenmodulation bei einer Bias-Spannung  $V_{\pi}/2$  gehalten, d. h. dass es keine Transmission des Modulators bei 0 V stattfindet. Leichte Abweichungen von diesem Wert um z.B. 2%, die noch keinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Sendesystems haben, erzeugen eine Asymmetrie im Datensignal, die für die Regelung der Synchronisation eingesetzt wird.

[0013] Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, dass erzwungene Schwankungen der Phasenlage bei Pulssignal zusammen mit einer Lock-in-Detektion ein Signal proportional zur Ableitung der Transmissionskurve erzeugen, das direkt zur Ansteuerung eines Integrators in einer Regelschleife benutzt wird. Problematisch ist jedoch, dass ebenfalls maximale mittlere Transmission bei drei Phasenwinkel von 0, 180 und -180 Grad vorliegt. Dadurch ergeben sich drei stabile Steuerpunkte im Regelintervall von -180 bis 180 Grad. Zur Erzielung eines eindeutigen Arbeitspunkts aus der Transmissionskennlinie kann der Arbeitspunkt eines Datenmodulators in einer asymmetrischen Weise gesteuert werden. Das Eingangssignal des Datenmodulators besteht außerdem aus einer Pulsfolge, die mittels einem weiteren dem Datenmodulator geschalteten Modulator oder sogenanntem Pulsmodulator and einer Laserdiode im Dauerstrichbetrieb erzeugt wird. Dabei kann ebenfalls der Arbeitspunkt des Pulsmodulators in einer asymmetri-

scher Weise gesteuert werden. Die bisher erzeugten Pulssignale sind dadurch wie die Datensignale rechts/links asymmetrisch, so dass ein eindeutiges Regelsignal entsteht.

[0014] Vorteilig werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren keine hochfrequente Bauelemente notwendig.

[0015] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

#### Ausführungsbeispiel

[0016] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert.

[0017] Dabei zeigen:

[0018] **Fig. 1:** Transmissionskennlinien bei Verstellung der Arbeitspunkte der Modulatoren,

[0019] **Fig. 2:** eine Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0020] In **Fig. 1** sind vier verschiedene Transmissionskennlinien a, b, c, d bei Verstellung der Arbeitspunkte BIAS1, BIAS2 der Modulatoren für Pulsen und Daten dargestellt. Die Arbeitspunkte BIAS1, BIAS2 der Puls- und Datenmodulatoren sind als Bias-Spannungen vorgesehen, deren Mittelspannung um dem Wert  $V_{\pi}$  bzw.  $V_{\pi}/2$  liegen. Alle Kurven a, b, c, d bezeichnen die mittlere Transmission MT am Ausgang des letzten Modulators als Funktion der Phasenlage  $\Delta\Phi$  zwischen dem Pulssignal und dem Datensignal. Am Ausgang des letzten angeordneten Modulators ist ein RZ-Signal erzeugt.

[0021] Bei der Kurve a sind der Bias BIAS2 genau auf dem Wert  $V_{\pi}/2$  und der Bias BIAS1 auf dem Wert  $V_{\pi}$  eingestellt. Dabei liefert die mittlere Transmission MT keine Aussage über die Phasenlage zwischen den Puls- und Datensignalen. Eine Synchronisation ist dadurch nicht möglich.

[0022] Bei den Kurven b, c, d wird der Arbeitspunkt BIAS2 auf dem Wert  $0,49 \times V_{\pi}$  gesetzt. Eine rechts/links Asymmetrie im Datensignal wird dadurch erzeugt.

[0023] Bleibt dabei der Arbeitspunkt BIAS1 des Pulsmodulators auf dem Wert  $1,0 \times V_{\pi}$ , weist die mittlere Transmission MT gemäß Kurve b drei Minima bei den Phasenlagen 0, 180, -180 Grad auf. Daher ist die eindeutige Einstellung der Phasenlage  $\Delta\Phi$  noch nicht erreichbar.

[0024] Bei Kurven c und d wird der Arbeitspunkt BIAS2 zusätzlich zu dem schon verstellten Arbeitspunkt BIAS1 von seinem ursprünglichen Wert  $V_{\pi}$  verschoben. In diesem Beispiel bilden sich ein eindeutiges Maximum der mittleren Transmission aus Kurven c und d bei einer Phasenlage  $\Delta\Phi$  von -90 Grad in diesem Beispiel.

[0025] Nach Kenntnis dieser ermittelten Phasenlage  $\Delta\Phi$  wird anschließend eine dementsprechende Phasenverschiebung bzw. -modulation an einem der Modulatoren durchgeführt, damit die Puls- und Datensignale zur Erzeugung des RZ-Signals optimal synchronisiert bleiben.

[0026] Ferner werden die Arbeitspunkte BIAS1, BIAS2 noch mal leicht periodisch verschoben, damit eine weitere optimale Phasenlage  $\Delta\Phi$  erzielt wird.

[0027] Am einfachsten reicht eine niedrigfrequente Modulation der Arbeitspunkten BIAS1 und BIAS2 um ihrem ursprünglichen Werten  $V_n$  bzw.  $V_n/2$  sowie der Einsatz einer Lock-In-Einrichtung zur Verfolgung der einzustellenden Phasenverschiebung bei einem der Modulatoren aus.

[0028] In Fig. 2 ist eine Anordnung zur Synchronisation eines einem ersten Modulators M1 zugeführten Pulssignals S1 mit einem einem zweiten Modulator M2 zugeführten Datensignal S2 dargestellt. Dem ersten Modulator M1 ist der zweite Modulator M2 nachgeschaltet, aus dem ein Teil vom Ausgangssignal als erzeugtes optisches RZ-Signal mittels einer Koppereinrichtung KE mit anschließenden optisch-elektrischen Umwandlung in eine Regeleinrichtung RE abgezweigt wird. Die Modulatoren M1, M2 sind hier optische Intensitätsmodulatoren wie z. B. Mach-Zehnder-Interferometer. Zusätzlich sind bevorzugt die Signale S1, S2 je mittels einem Verstärker AMP1, AMP2 vor dem Einspeisen in die Modulatoren M1, M2 verstärkt.

[0029] Dem ersten Modulator M1 ist eine Laserdioden LD im Dauerstrichbetrieb vorgeschaltet. Der hochfrequente Takt des ersten Modulators M1 entspricht dem halben Takt des zweiten Modulators M2. Die aus dem ersten Modulator M1 erzeugten Pulsen werden den zweiten Modulator M2 passieren oder ausgeblendet. Die beiden Arbeitspunkte BIAS1, BIAS2 des ersten und zweiten Modulators M1, M2 werden mit zwei Auslenkungsfrequenzen  $f_1$ ,  $f_2$  zur Erzeugung der gewünschten rechts/links Asymmetrie im erzeugten RZ-Signal moduliert.

[0030] Am Taktsignal des ersten Modulators M1 ist ein Phasenschieber PS angeordnet, der mit einer Lock-In-Frequenz  $f_3$  in seiner Phase moduliert ist. Am Phasenschieber PS wird die einzustellende Phasenlage  $\Delta\Phi$  aus der Regeleinrichtung RE gesteuert. Die Reihenfolge der Modulatoren kann auch vertauscht werden. Alle Frequenzen  $f_1$ ,  $f_2$ , und  $f_3$  werden mittels Frequenzgeneratoren FG1, FG2 und FG3 bevorzugt im niedrigen Frequenzbereich, d. h. erheblich kleiner als die Datenrate, z. B. bei einigen kHz erzeugt. In diesem Beispiel sind die Frequenzgeneratoren in der Regeleinrichtung RE integriert. Diese können auch außerhalb der Regeleinrichtung RE angeordnet werden. Zwei Addierer ADD1, ADD2 dienen der Überlagerung der Bias-Signale bzw. -Spannungen und einer Modulationsspannung, die durch die Frequenzgeneratoren FG1, FG2 erzeugt wird.

[0031] Ein kleiner Teil des Ausgangssignals des zweiten Modulators M2 wird einer Photodiode PD für die optisch-elektrische Umwandlung zugeführt, deren Ausgangssignal am Eingang der Regeleinrichtung RE mit einem periodisch moduliertem Signal der Summenfrequenz  $f_1+f_2+f_3$  mittels einem Multiplizierer MULT multipliziert wird. Die Summenfrequenz  $f_1+f_2+f_3$  wird aus den Frequenzgeneratoren FG1,

FG2, FG3 mit nachgeschalteten Addierer ADD3 erzeugt. Weiterhin ist das multiplizierte Signal einem Tiefpassfilter LPF zugeführt, dessen Ausgangssignal proportional zur Ableitung der Transmissionskennlinie  $d$  gemäß Fig. 1 ist. Ein dem Tiefpassfilter LPF nachgeschaltetes Integrationsmodul INT liefert ein gewünschtes Regelsignal RS für die zu stabilisierte Phasenlage  $\Delta\Phi$  aus einem eindeutigen Maximum der mittleren Transmission MT gemäß Fig. 1. Nach einer Modulation mit einem Addierer ADD bei der Lock-In-Frequenz  $f_3$  wird weiterhin der Gleichanteil des Regelsignals RS als Ausgangssignal der Regeleinrichtung RE dem Phasenschieber PS zugeführt.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Synchronisation eines Pulssignals (S1) mit einem Datensignal (S2) zur Erzeugung eines optischen RZ-Signals, bei dem das Pulssignal (S1) einem ersten optischen Modulator (M1) mit gegebenem Arbeitspunkt (BIAS1) zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, bei dem der Arbeitspunkt (BIAS1) bei einer ersten Auslenkungsfrequenz ( $f_1$ ) geregelt wird, bei dem das Datensignal (S2) einem zweiten dem ersten Modulator (M1) geschalteten optischen Modulator (M2) mit einem gegebenen Arbeitspunkt (BIAS2) zugeführt wird, dass der Arbeitspunkt (BIAS2) bei einer zweiten Auslenkungsfrequenz ( $f_2$ ) geregelt wird, bei dem zur Modulation einer zu einstellenden Phasenlage ( $\Delta\Phi$ ) des Pulssignals (S1) eine dritte Lock-In-Frequenz ( $f_3$ ) verwendet wird, bei dem ein ausgekoppelter Leistungsanteil des erzeugten optischen RZ-Signals am Ausgang des zweiten optischen Modulators (M2) elektrisch umgewandelt und einer Regeleinrichtung (RE) zugeführt wird, bei dem das elektrische Signal mit einem bei einer Summenfrequenz ( $f_1+f_2+f_3$ ) modulierten Signal multipliziert, weiterhin gefiltert und integriert wird, und daraus die zu einstellende Phasenlage ( $\Delta\Phi$ ) anhand einer Abweichung von einem Leistungsmaximum ermittelt und geregelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beide Auslenkungsfrequenzen ( $f_1$ ,  $f_2$ ) so gewählt werden, dass eine Asymmetrie im Signalprofil am Ausgang wenigstens eines der optischen Modulatoren (M1, M2) erzeugt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass beide Auslenkungsfrequenzen ( $f_1$ ,  $f_2$ ) und die Lock-In-Frequenz ( $f_3$ ) klein im Vergleich zu Datenrate gewählt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrische Signal proportional zur Ableitung einer Transmissionskennlinie des RZ-Signals als Funktion der

Phasenlage ( $\Delta\Phi$ ) ist, deren eindeutiges Maximum nach Integration und Tiefpassfilterung durch eine Regelung der zu stabilisierte Phasenlage ( $\Delta\Phi$ ) mit einem Lock-In-Verfahren und zugehöriger Lock-In-Frequenz ( $f_3$ ) eingestellt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Arbeitsbereichsregelung der Modulatoren (M1, M2) durch eine Einstellung der Modulationsamplituden der Arbeitspunkte (BIAS1, BIAS2) vorgesehen ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG 1

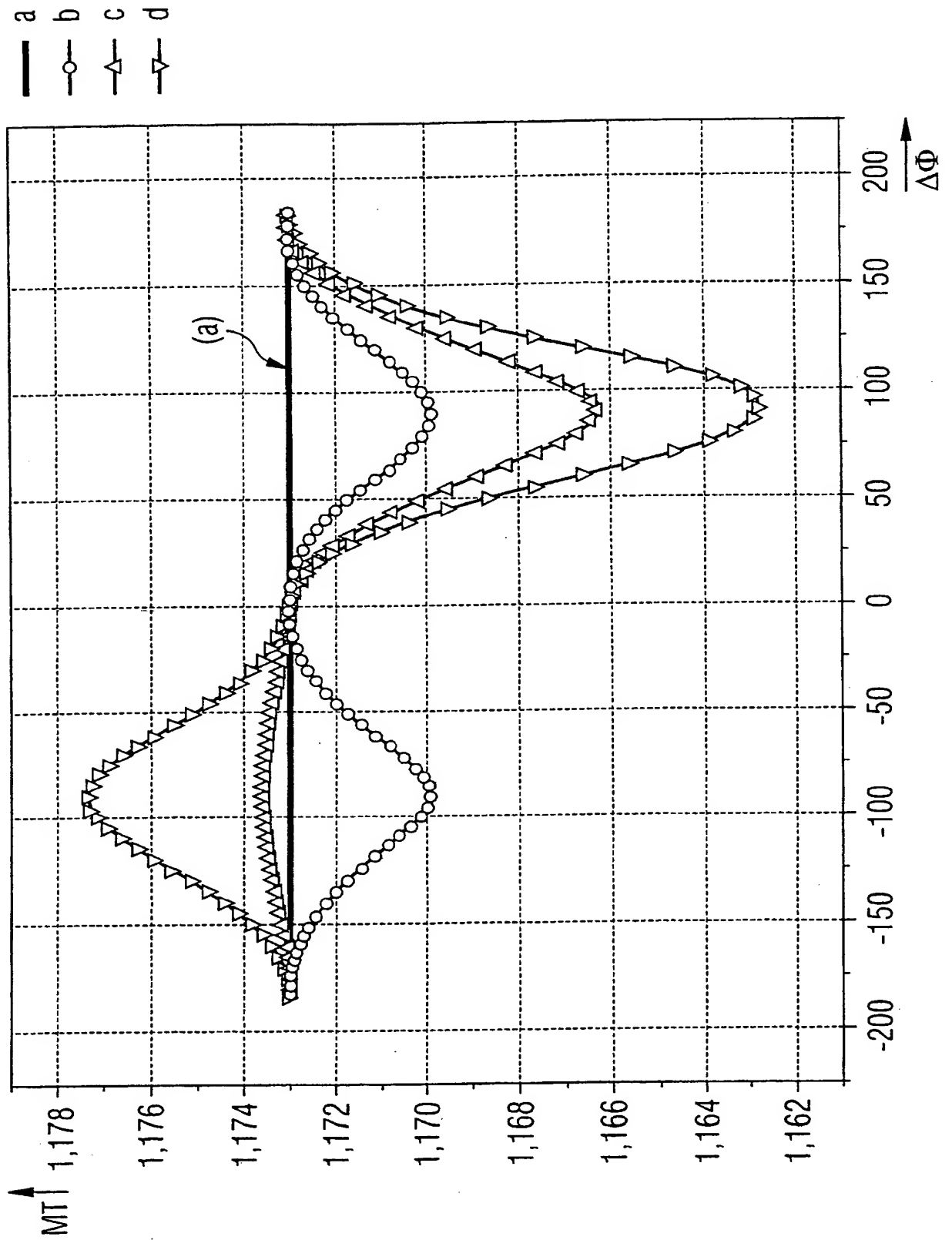
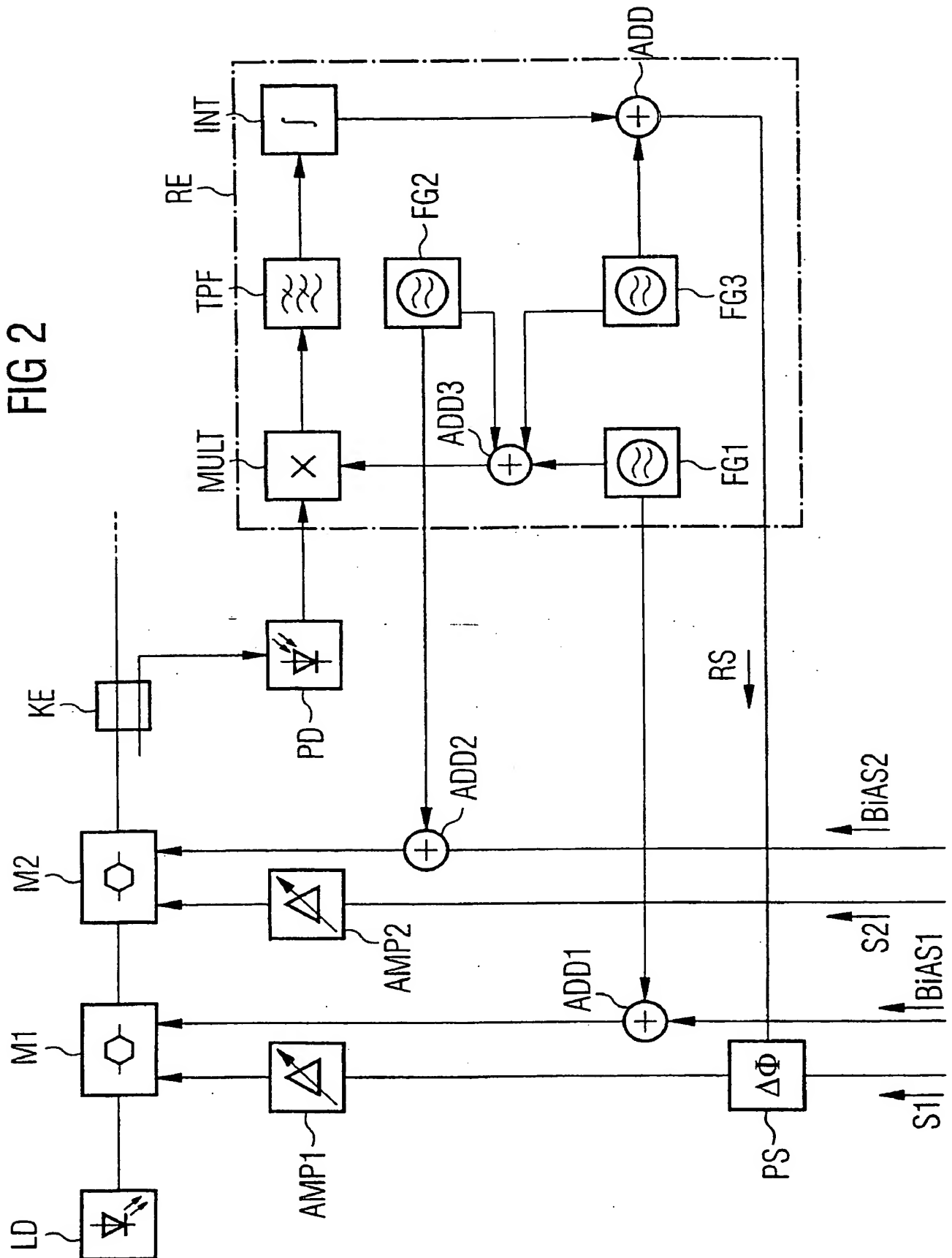


FIG 2



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**ORIGINAL  
NO MARGINALIA**